

Рис. 5. Схема системы управления

определяя действительные значения высоты  $h_c$  устройства над рельефом поля. Выходной сигнал бесконтактного датчика  $U_a$  поступает в контроллер системы управления, где суммируется с задающим воздействием  $W$ . Рассогласование  $e$  определяет величину и форму управляющего сигнала  $U_v$ , который направляется на обмотки электромагнитов регулятора. Поток рабочей жидкости  $q_v$ , согласно току управления  $i$ , регулирует скорость штока силового гидроцилиндра.

**Заключение.** Применение для стабилизации и обеспечения копирования рельефа поля при движении машинотракторного агрегата передних опорных колес является относительно эффективным способом, но при этом значительно увеличивает себестоимость производства машины

Структурный и параметрический синтез гидропривода навесного устройства почвообрабатывающего агрегата, а также количественная оценка влияния увеличения сцепного веса на улучшение его

тягово-сцепных свойств позволяют сделать вывод об эффективности функционирования электрогидравлического привода в режиме высотного позиционирования.

Сравнительные статистические оценки работы пахотного агрегата указывают на преимущество высотного способа регулирования глубины перед силовым и позиционным по критерию соблюдения агротехнических требований. Наибольшая эффективность при работе пахотного агрегата может быть достигнута с использованием ультразвуковых средств измерения расстояния при условии активной стабилизации буксования ведущих колес трактора, например, путем бесступенчатого регулирования рабочей скорости движения.

Использование бесконтактной системы регулирования навесного устройства агрегата с обратным управлением на гидросистему трактора является достаточно простым и эффективным методом достижения копирования рельефа поля при относительно небольших затратах на производство.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гидравлический увеличитель сцепного веса // АВТОсайт №1 [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/traktora/gidravlicheskiy-uvlechitel-stsepnogo-vesa-gsv/> – Дата доступа: 05.04.2015.
2. Рабочее оборудование // ООО ПКФ Беловеж» [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: [http://mtz1.ru/documents/art/book01/b01\\_1\\_8.html/](http://mtz1.ru/documents/art/book01/b01_1_8.html/) – Дата доступа: 12.06.2015.
3. Войтюк, П.Д. Предпосылки будущего урожая сахарной свеклы: качество семян, выполнение предпосевного возделывания грунта и сева // Предложение. – 2005. – № 4. – С. 34–36.
4. Точицкий, А.А. Основы качественного урожая / А.А. Точицкий, Н.Д. Лепешкин // Белорусское сельское хозяйство. – Минск. – 2015 – № 3 – С. 47–49.

Материал поступил в редакцию 20.11.15

#### SAVCHUK S.V. Process of functioning of an electrohydraulic actuator as a part of system of automatic control of depth of processing of the soil

Peculiarities of automated depth control system have been using ultrasonic distance detectors have been studied. Mathematic description of the depth control system operation under conditions of pointless floor contour following has been shown.

УДК 539.3

Хвисевич В.М., Веремейчик А.И., Гарбачевский В.В., Онысько С.Р.

### ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПУАНСОНА НА ЕГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИ ПРОБИВКЕ ОТВЕРСТИЙ

**Введение.** Характер разрушения цилиндрических пуансонов при пробивке отверстий в деталях плоской формы показывает, что происходит не только истирание и износ рабочей части пуансонов, но и искривление их формы. Для повышения стойкости пробивного инструмента в статье рассматривается влияние формы торцевой поверхности пуансона на его напряженно-деформированное состояние в процессе эксплуатации.

**1. Постановка задачи. Методика исследований.** При пробивке отверстий с помощью пуансонов возникающие в месте удара силовые воздействия оказывают значительное влияние на работоспособность пуансона и могут привести к его деформированию, выкрашиванию материала на кромках или истиранию защитного покрытия на боковой цилиндрической поверхности. Для снижения усилий при внедрении пуансона в деталь целесообразно исследовать напряженно-деформированное состояние его рабочей зоны с целью определения оптимальной геометрической формы рабочей области.

Как правило, цилиндрический пуансон имеет плоскую торцевую поверхность (рисунок 1). Однако в процессе эксплуатации часто происходит искривление оси (рисунок 2) и выход его из строя.



Рис. 1. Пробивные пуансоны

**Гарбачевский Виталий Владимирович**, ассистент кафедры сопротивления материалов и теоретической механики Брестского государственного технического университета.

**Онысько Сергей Романович**, доцент кафедры сопротивления материалов и теоретической механики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.



Рис. 2. Характер разрушения пуансонов

Как правило, искривление оси происходит вследствие внецентренного нагружения пуансона, а также по причине потери устойчивости.

С целью повышения эксплуатационных свойств такого инструмента проведено моделирование процесса пробивки отверстий пуансонами с различной формой торцевой части. Изменение формы позволяет перераспределить нагрузки в зоне контакта и исключить внецентренное нагружение. Наряду с плоской рассматриваются еще три геометрические формы торцевой поверхности: конусная с внешним и внутренним конусом с углом у основания, равным  $10^\circ$ ; и конусная с конусом лишь в центральной части торца (рисунок 3 а–г).

Ввиду невозможности аналитического определения НДС решение осуществляется численно с помощью конечно-элементного вычислительного комплекса ANSYS. Так как исследуется НДС только

рабочей зоны пуансона, то конечно-элементная модель представляет собой только часть пуансона вблизи рабочего торца. В ANSYS построены несколько моделей пробивных пуансонов с различными формами рабочей зоны – торцевой поверхности. В процессе пробивки пуансон вдавливает отделяемую часть металла от всей заготовки в отверстие матрицы. В начальной стадии операции отмечается неизбежный для пластичных материалов процесс пластической деформации заготовки, который является сопутствующим процессом разделительных операций листовой штамповки. Для снижения пластической деформации в таких операциях кромки пуансона и матрицы выполняют острыми с малым зазором между ними. Оптимальная величина зазора между режущими кромками инструмента зависит от толщины заготовки (рисунок 4), пластических свойств материала и составляет примерно от 6 до 10 % толщины материала [1].

В рассматриваемом процессе материал пуансона и матрицы должен работать в упругой стадии в связи с необходимостью их многократного использования. Листовой материал в зоне нагружения работает в упруго-пластической области.

При построении расчетных схем для разных моделей использовалось различное число конечных элементов. Для повышения точности расчета разбиение области тела на конечные элементы производилось вручную. В местах изменения формы рабочей зоны сетка конечных элементов уплотнялась в два раза. Материал пуансона – сталь X12M с модулем упругости  $E=2,1 \cdot 10^5$  МПа и коэффициентом Пуассона  $\nu=0,3$ .

При моделировании пуансон закреплялся по нижней торцевой поверхности. В целях определения лишь характера распределения напряжений и деформаций на рабочую зону прикладывалась равномерно распределенная нагрузка единичной интенсивности.

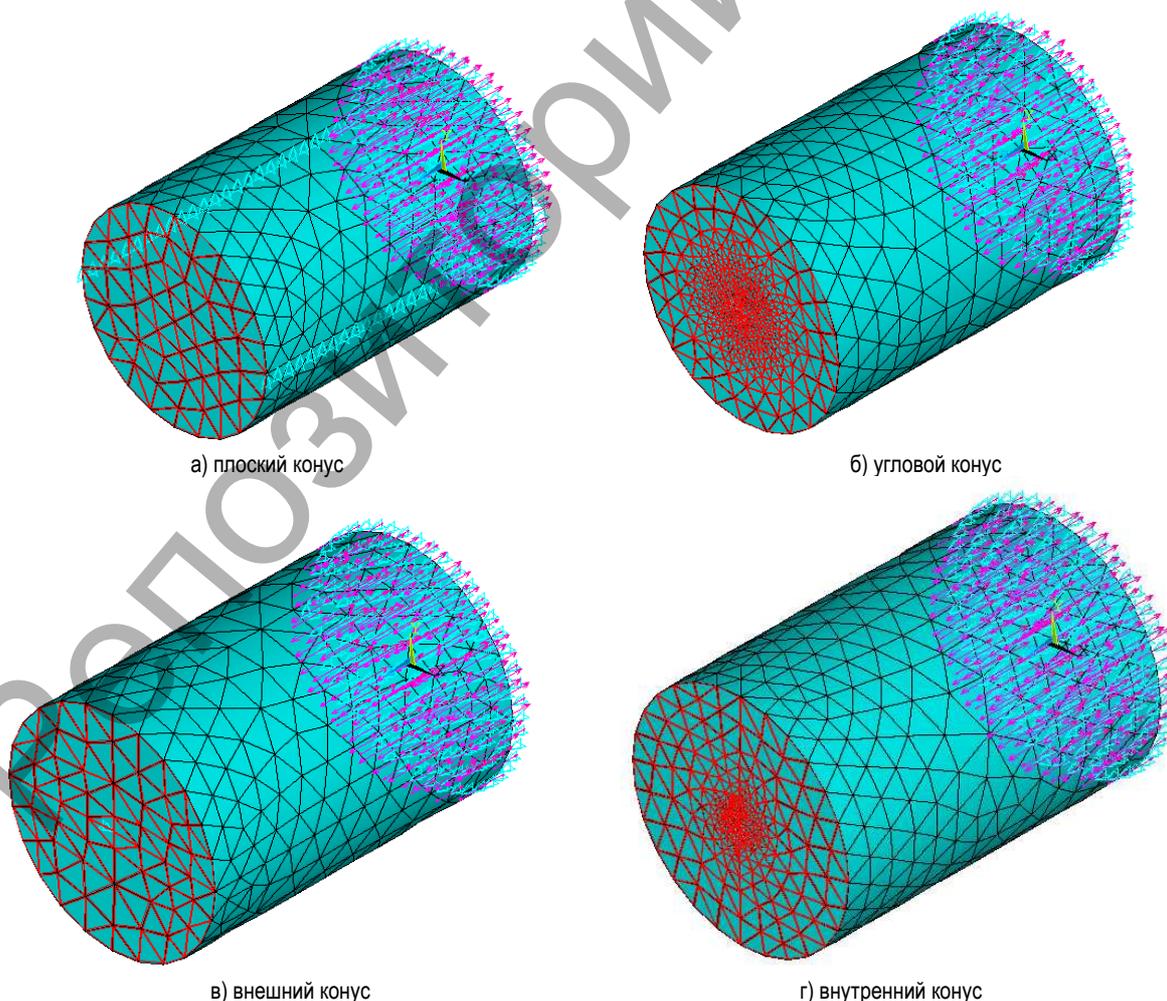


Рис. 3. Конечно-элементные модели рабочей зоны пуансона

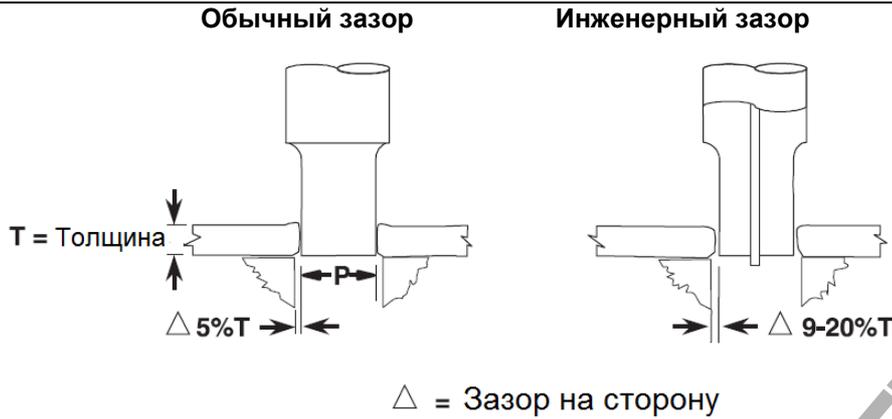


Рис. 4. Схема процесса пробивки отверстий

**2. Некоторые результаты и их обсуждение.** В результате реализации задач получены зависимости распределения напряжений, перемещений и деформаций в пуансоне в зависимости от различных параметров, что позволяет реализовать поставленную цель. Типичные распределения перемещений и напряжений приведены на рисунках 5–9. Для обработки результатов ANSYS-расчета использовался MathCAD.

Анализ рисунка 6 показывает, что наибольшие эквивалентные напряжения (по Мизесу) возникают при конусной форме торцевой поверхности с внутренним конусом, что делает эту форму нерациональной. Как видно из рисунка 9, наибольшие суммарные перемещения возникают при использовании конусной формы с конусом в центральной части. Характер распределения перемещений при такой форме рабочей зоны принципиально отличается от трех других форм.

**Заключение.** Как показали результаты исследований, для варьирования деформирующего усилия в процессах пробивки отверстий цилиндрическими пуансонами можно использовать несколько способов: применить пуансоны разной длины со ступенчатым расположе-

нием рабочих кромок; применить пуансоны и матрицы с наклонными (скошенными) кромками. Сравнивая эти варианты, можно заключить, что использование пуансонов и матриц с измененной формой позволяет осуществлять процесс внедрения пуансона в тела более «мягко», распределяя усилия по контуру и постепенно по толщине заготовки. В результате рабочее усилие процесса пробивки отверстий может быть уменьшено до 40 %.

**СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Гарбачевский, В.В. Оптимизация формы рабочей зоны пробивного пуансона / В.В. Гарбачевский, А.И. Веремейчик, М.И. Сазонов, В.М. Хвисевич // XXVII Международная инновационно-ориентированная конференция молодых ученых и студентов МИКМУС - 2015: материалы конференции, Москва, 2–4 декабря 2015 г. / ИМАШ РАН. – М: ИМАШ РАН, 2015. – С. 16–17.
2. Холодарь, Б.Г. Описание поведения реономного упруго-пластического материала при скоростном и ударном нагружении / Б.Г. Холодарь // Перспективные технологии / Под ред. В.В. Клубовича. – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2011. – С. 567–595.

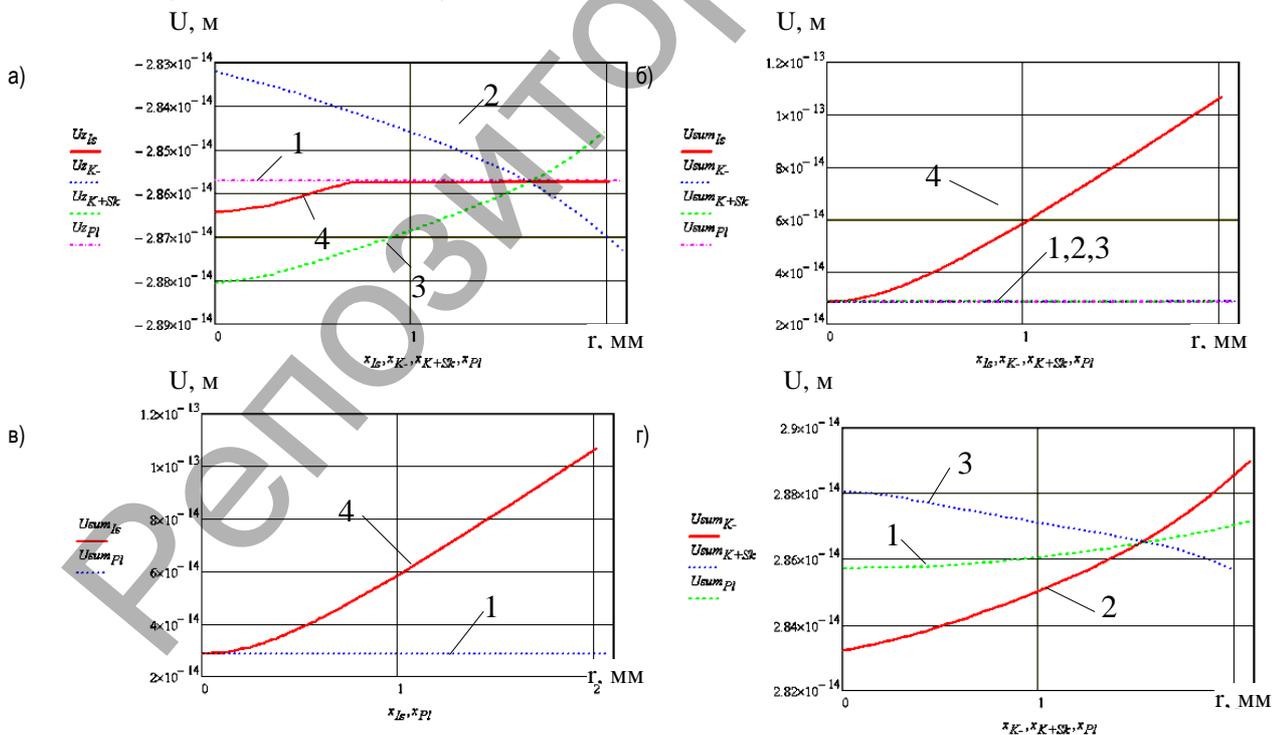


Рис. 5. Зависимости перемещений вдоль радиуса рабочего торца: а) продольные перемещения б), в), г) суммарные перемещения при различных формах рабочего торца (1 – плоская форма торцевой поверхности, 2 – конусная форма с внутренним конусом, 3 – конусная форма с внешним конусом, 4 - конусная форма с конусом в центральной части торца)

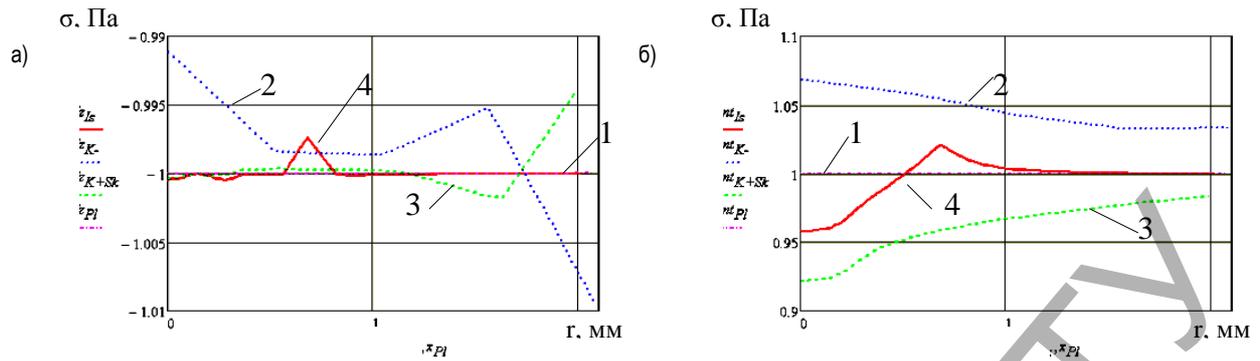


Рис. 6. Зависимости напряжений вдоль радиуса рабочего торца: а) продольные напряжения, б) эквивалентные напряжения при различных формах рабочего торца (1 – плоская форма торцевой поверхности, 2 – конусная форма с внутренним конусом, 3 – конусная форма с внешним конусом, 4 – конусная форма с конусом в центральной части торца)

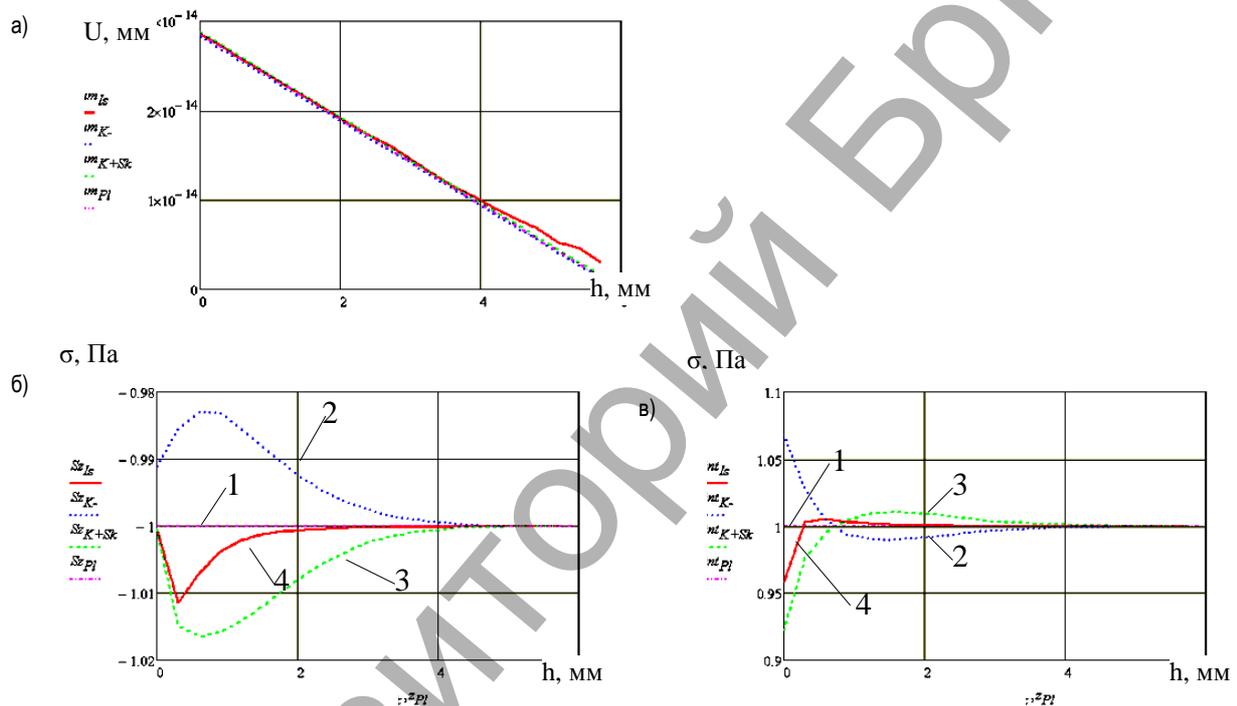
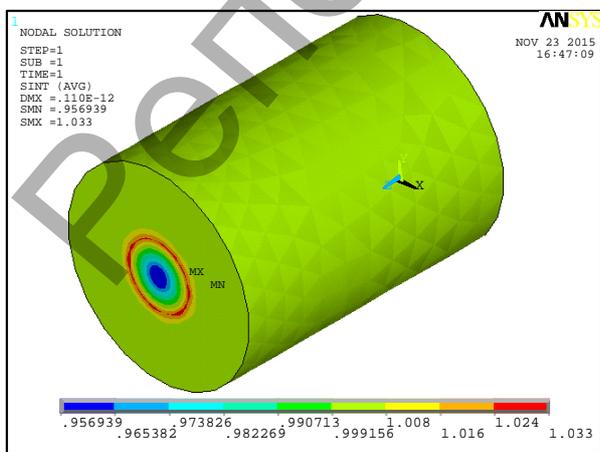
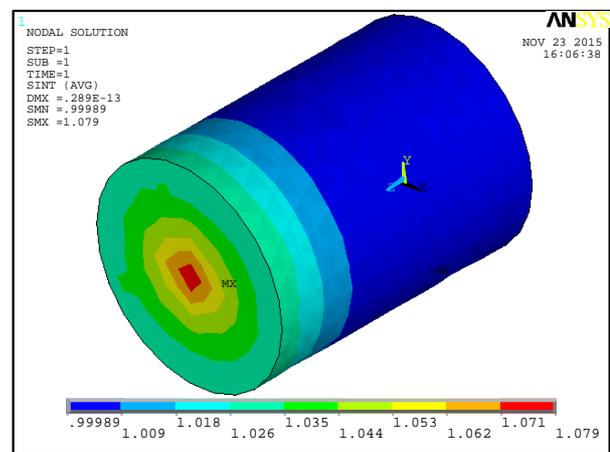


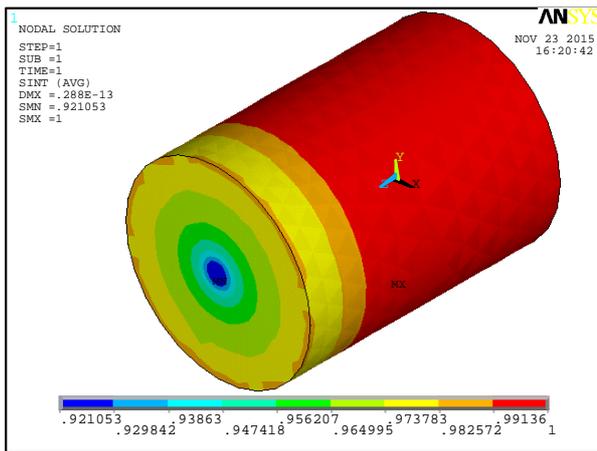
Рис. 7. Зависимости напряжений и перемещений вдоль продольной оси пуансона: а) продольные суммарные перемещения, б) продольные напряжения в) эквивалентные напряжения при различных формах рабочего торца (1 – плоская форма торцевой поверхности, 2 – конусная форма с внутренним конусом, 3 – конусная форма с внешним конусом, 4 – конусная форма с конусом в центральной части торца)



а)

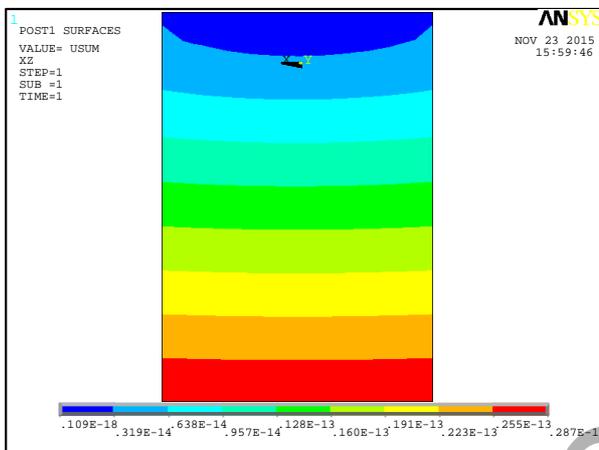


б)

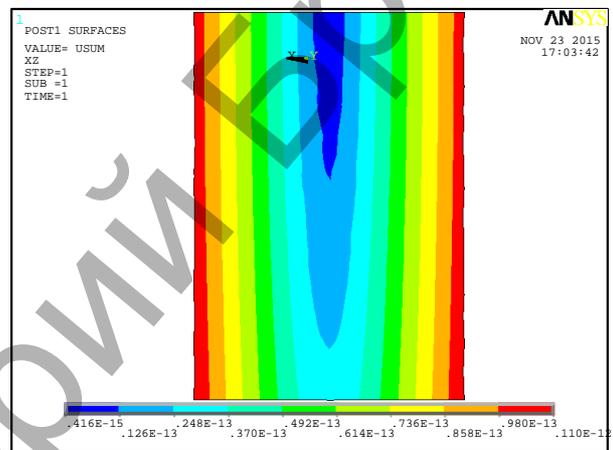


в)

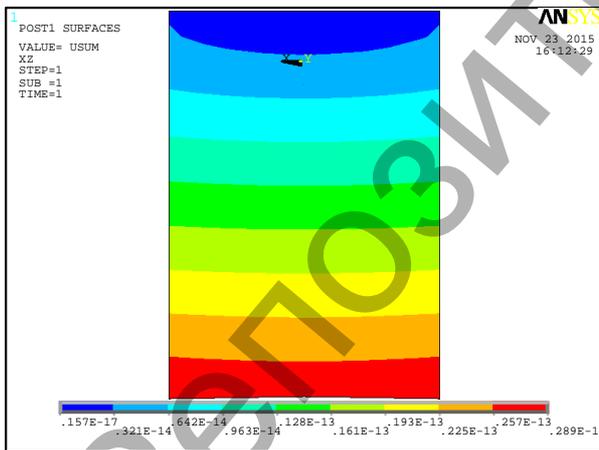
Рис. 8. Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу: а) конусная форма торцевой поверхности с конусом в центральной части торца, конусная форма с б) внутренним и в) внешним конусом



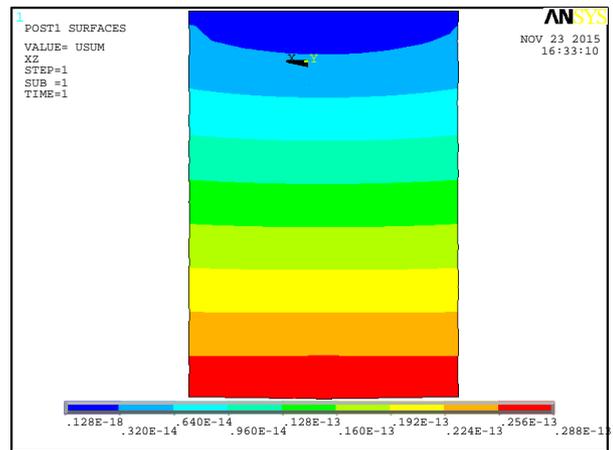
а)



б)



в)



г)

Рис. 9. Распределение суммарных перемещений в продольном сечении пуансона:

- а) плоская форма торцевой поверхности, б) конусная форма с конусом в центральной части торца, конусная форма с в) внутренним и г) внешним конусом

Материал поступил в редакцию 13.01.16

**KHWISEVICH V.M., VEREMEJCHIK A.I., GARBACHEVSKI V.V., ONYSKO S.R. Influence of a form of punch working zone on its stress-strain state at a punched hole of openings**

The paper investigates the influence of the punch working area shape on its stress-strain state. Dependences of stresses, displacements and deformations on radius and length of the punch working area for various forms of its faces are received. The choice of the optimal geometry of the working part allows to significantly improve the operational characteristics of the tool under dynamic loading.